



Conception, réalisation de prothèse fixée par CFAO indirecte

Rémi Hosmalin

► To cite this version:

Rémi Hosmalin. Conception, réalisation de prothèse fixée par CFAO indirecte. Médecine humaine et pathologie. 2015. dumas-01305537

HAL Id: dumas-01305537

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01305537>

Submitted on 21 Apr 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONCEPTION, REALISATION DE PROTHESE FIXEE PAR CFAO INDIRECTE.

Année 2015

Thèse n°42-57-15-12

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant
La Faculté de Chirurgie Dentaire de Nice
Le 3 Avril 2015
Par

Monsieur HOSMALIN Rémi

Né(e) le 15 Octobre 1988 à Cagnes-sur-Mer
Pour obtenir le grade de :

DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE (Diplôme d'État)

Examineurs :

Madame le Professeur

Monsieur le Docteur

Monsieur le Docteur

Madame le Docteur

Michèle MULLER-BOLLA

Yves ALLARD

Eric LEFORESTIER

Catherine PESCI-BARDON

Président du jury

Directeur de thèse

Assesseur

Assesseur

CORPS ENSEIGNANT

56ème section : DEVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PREVENTION

Sous-section 01 : ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeur des Universités : Mme MULLER-BOLLA Michèle
Maître de Conférences des Universités : Mme JOSEPH Clara
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme CALLEJAS Gabrièle

Sous-section 02 : ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Professeur des Universités : Mme MANIERE-EZVAN Armelle
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme AUBRON Ngoc-Mai
Assistant Hospitalier Universitaire : M. BUSSON Floriant

Sous-section 03 : PREVENTION, EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE, ODONTOLOGIE LEGALE

Professeur des Universités : Mme LUPI-PEGURIER Laurence
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme CUCCHI Céline
Assistant Hospitalier Universitaire : M. PAUL Adrien

57ème section : SCIENCES BIOLOGIQUES, MEDECINE ET CHIRURGIE BUCCALE

Sous-section 01 : PARODONTOLOGIE

Maître de Conférences des Universités : M. CHARBIT Yves
Maître de Conférences des Universités : Mme VINCENT-BUGNAS Séverine
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme LAMURE Julie
Assistant Hospitalier Universitaire : M. SURMENIAN Jérôme

Sous-section 02 : CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THERAPEUTIQUE, ANESTHESIE ET REANIMATION

Maître de Conférences des Universités : M. COCHAIS Patrice
Assistant Hospitalier Universitaire : M. BENHAMOU Yordan
Assistant Hospitalier Universitaire : M. SAVOLDELLI Charles

Sous-section 03 : SCIENCES BIOLOGIQUES

Professeur des Universités : Mme PRECHEUR Isabelle
Maître de Conférences des Universités : Mme RAYBAUD Hélène
Maître de Conférences des Universités : Mme VOHA Christine

58ème section : SCIENCES PHYSIQUES ET PHYSIOLOGIQUES ENDODONTIQUES ET PROTHETIQUES

Sous-section 01 : ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE

Professeur des Universités : Mme BERTRAND Marie-France

Professeur des Universités : M. MEDIONI Etienne

Professeur des Universités : M. ROCCA Jean-Paul

Maître de Conférences des Universités : Mme BRULAT-BOUCHARD Nathalie

Assistant Hospitalier Universitaire : M. CEINOS Romain

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme DESCHODT-TOQUE Delphine

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme DUVERNEUIL Laura

Assistant Hospitalier Universitaire : M. GANDJIZADEH GHOUCHANI Mir-Payam

Sous-section 02 : PROTHESES

Professeur des Universités : Mme LASSAUZAY Claire Maître de

Conférences des Universités : M. ALLARD Yves Maître de

Conférences des Universités : M. LAPLANCHE Olivier

Maître de Conférences des Universités : Mme POUYSSEGUR-ROUGIER Valérie

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme CERETTI Léonor

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme LONGIN FERRO Laurence

Assistant Hospitalier Universitaire : M. OUDIN Antoine

Assistant Hospitalier Universitaire : M. SABOT Jean-Guy

Sous-section 03 : SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

Professeur des Universités : M. BOLLA Marc

Professeur des Universités : M. MAHLER Patrick

Maître de Conférences des Universités : Mme EHRMANN Elodie

Maître de Conférences des Universités : M. LEFORESTIER Eric

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme CANCEL Bénédicte

Remerciements

A Madame le Professeur Michèle MULLER-BOLLA

Docteur en chirurgie dentaire
Professeur des universités, Praticien hospitalier

Je vous remercie de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury de thèse. Veuillez trouver ici l'expression de mon plus profond respect.

A Monsieur le Docteur Yves ALLARD

Docteur en chirurgie dentaire
Maître de conférences des Universités, Praticien hospitalier

Je vous remercie d'avoir accepté de m'encadrer pour la réalisation de ce travail. Durant mes années d'études vos conseils et votre soutien ont été d'une grande aide. Vous avoir eu comme professeur a été un honneur.

A Monsieur le Docteur Eric LEFORESTIER

Docteur en chirurgie dentaire
Maître de conférences des Universités, Praticien hospitalier

C'est avec beaucoup de joie que je vous compte parmi les membres de mon jury. Durant toutes mes années d'études vous m'avez toujours apporté votre aide et votre gentillesse. Merci de m'avoir toujours soutenu.

A Madame le Docteur Catherine PESCI-BARDON

Docteur en Chirurgie dentaire
Assistant Hospitalier Universitaire

Je vous remercie d'avoir accepté avec spontanéité d'être présente dans ce jury. Merci pour toute la bonne humeur que vous m'avez communiqué durant ma formation clinique au CHU. Recevez ici l'expression de ma profonde gratitude.

A ma famille

A ma mère

L'amour que tu m'as apporté depuis ma naissance a toujours été un réconfort. Ton admiration a été et restera ma plus grande force.

A mon père

Je suis fier des valeurs et de l'éducation que tu m'as apporté qui font de moi l'homme que je suis aujourd'hui.

A mes frères

Mes deux piliers pour qui j'ai toujours voulu être le meilleur des modèles. Je suis fier des hommes que vous êtes devenu.

A ma grand-mère dont la force de caractère et l'énergie ne cesseront jamais de m'impressionner.

A la Famille Parvent ma deuxième famille...

A mon Oncle et Parain, ma Tante Laurence ma cousine Pauline la plus belle de la famille.

Aux familles Tosello, Champoussin et tout le reste de la famille si grande.

A Amédée, Valou, Cécilia et Enzo.

Je dédie cette thèse à mes grands-parents Désiré, Adrienne et Maurice...

A mes amis

Ceux avec qui j'ai grandi

Clém, Pitou, Digio, Bista, Migliore, Carlot, Ju.

Aux amis niçois

Arnaud, John, Guillaume, Nico, François, Vévé, Palaz.

Aux amis de la FAC

Max, Benj, Morgann, Lolé, Thibault, Alice, Romano, Crico, Tourot.

Tous les autres, Phillipe, Marie, Caro, Yohan, Fred, Luc, Jérôme, Julien, Thibault, Béné et toutes les personnes qui me sont chères...

Table des matières

1. Introduction.....	10
2. Les étapes cliniques.....	13
2.1 Les empreintes surfaciques.....	13
2.1.1 L'accès aux limites cervicales.....	13
A. Principes.....	13
B. Techniques.....	13
2.1.2 Les matériaux à empreintes.....	16
2.1.3 Techniques d'empreintes surfaciques.....	16
2.1.4 Contrôle et validation de l'empreinte.....	17
2.2 Gestion de l'occlusion.....	17
2.2.1 Rappel.....	17
2.2.2 Les fonctions occlusales.....	18
2.2.3 Enregistrements des relations intermaxillaires.....	18
A. Sans DAM diagnostiqués.....	18
B. Avec DAM diagnostiqués.....	18
3. Les étapes laboratoires.....	20
3.1 Traitement des empreintes.....	20
3.2 La Conception Assistée par Ordinateur.....	21
3.2.1 La numérisation.....	21
A. Principe de Fonctionnement des scanners.....	21
a. Méthode d'enregistrement.....	21
b. Traitement des données.....	22
B. Les étapes de scannage.....	23
a. Saisie des données.....	23
b. Scannage maître modèle/antagoniste.....	24
c. Scannage de l'occlusion simple.....	25
d. Scannage de l'occlusion montée sur articulateur.....	26

C. Les articulateurs virtuel.....	26
a. Scannage du montage.....	26
b. Fonctionnalités.....	27
3.2.2 Paramétrage.....	28
A. Limite cervicale.....	28
B. Axe d'insertion.....	29
3.2.3 Modélisation.....	30
A. Proposition automatique.....	30
B. Modification des caractères.....	31
a. Poignées d'ajustage / morphing.....	31
b. Point de contact / table occlusale.....	32
C. Réduction homothétique / connecteurs.....	32
D. Finalisation.....	34
4. Fabrication de la pièce prothétique.....	36
4.1 Les matériaux accessibles en CFAO.....	36
4.1.1 Les céramiques.....	36
4.1.2 Les métaux.....	37
4.1.3 Les résines.....	37
4.1.4 Les matériaux hybrides.....	37
4.2 Les techniques de fabrication.....	37
4.2.1 Usinage soustractif.....	38
A. Le logiciel FAO.....	38
B. Les machines-outils.....	39
4.2.2 Usinage additif.....	41
A. Les imprimantes 3D.....	41
B. La stéréolithographie.....	41
C. La Microfusion (Frittage Laser).....	42
5. Cas clinique.....	44
5.1 Situation initiale.....	44
5.2 Etapes cliniques et laboratoires.....	45
6. Conclusion.....	51

1. Introduction

Le numérique est aujourd'hui partout autour de nous : Internet, téléphonie mobile, photographie, informatique. Il s'est imposé dans les cabinets dentaires dans les années 70 avec des logiciels permettant le classement des dossiers médicaux. L'arrivée de la radiologie numérisée a amplifié le besoin d'informatiser les cabinets. Le numérique est à présent partout dans nos cabinets : logiciels de gestion, e-learning, appareils de prise de teinte, tablettes dans les salles d'attente, détection de carie, etc...

La CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur) appliquée à l'art dentaire n'est pas si récente, elle est née en 1973 [1] des travaux du Professeur François Duret avec sa thèse de doctorat de chirurgie dentaire intitulé « L'Empreinte optique ». Il fait la démonstration de ses recherches lors des Entretiens de Garancière en 1983 en réalisant la première empreinte optique. En 1985, lors du congrès annuel de l'ADF il conçoit en direct lors d'une conférence ce qui sera la première couronne dentaire née de la CFAO. L'exploit est à souligner au vu de l'avancée technologique de l'époque. Seulement une minorité croit en cette découverte, d'autres y voient une hérésie.

Le premier système de CFAO mis en vente sur le marché en 1987 [2] fut le Hennson développé par une petite PME lyonnaise, permettant la création de couronnes, bridges, inlays, onlays, brackets d'ODF et même les premiers implants. Seulement, c'était une vingtaine d'années trop tôt, les manipulations complexes, un coût élevé et un marché non préparé, le système Hennson disparaît en 1993 par manque d'appui financier. D'autres systèmes comme le Cerec de Sirona subsistent mais le marché restait faible.

C'est durant ces dernières années que la CFAO voit sa consécration, en 1993 10% des stands à l'IDS consacré à la CFAO, 25% en 1997 contre 75% aujourd'hui [3]. L'amélioration permanente de l'informatique perfectionne les différents procédés de CFAO proposés sur le marché [4]. Les systèmes chairside deviennent plus accessibles en termes de coût et d'utilisations, mais il ne faut pas oublier que cette avancée est d'abord passée par l'équipement des laboratoires de prothèse.

Une enquête menée en 2012 [5] démontre que plus de 1616 sur 4800 laboratoires sont équipés de systèmes CFAO soit plus de 4% par rapport à 2011, c'est plus d'un tiers de la profession. La même étude avance que ces laboratoires effectuent 40% de leur chiffre d'affaire à l'aide du numérique contre 30% en 2011.

Au-delà de l'aspect financier, la CFAO a permis d'apporter une amélioration de la qualité des prothèses fixées. En effet l'ajustage cervical en prothèse conjointe est une condition primordiale amenant à la réussite et à la stabilité du traitement limitant la morbidité des dents piliers [6]. Un hiatus dans cette zone cliniquement acceptable ne doit pas dépasser

100 à 120µm sachant que la limite de diagnostic d'une sonde d'examen au niveau du joint dento-prothétique est de 80µm [7]. Une étude de 2014 [8] démontre que l'adaptation marginale des prothèses usinées ($48 \pm 25\mu\text{m}$) est plus précise que celle des prothèses fabriquées par technique manuelle ($74 \pm 47\mu\text{m}$).

Le perfectionnement de la qualité des prothèses conjointes provient donc de l'amélioration de la précision mais également de la reproductibilité. En effet, la réduction et la simplification des étapes de mise en forme participent également à ce succès.

Il existe aujourd'hui trois types de CFAO, directe, semi-directe et indirecte. Toutes trois mettent en œuvre quatre étapes [9] :

- La numérisation ;
- La réalisation du modèle virtuel ;
- La conception prothétique assistée par ordinateur (CAO) ;
- La fabrication assistée par ordinateur (FAO).

En CFAO directe toutes les étapes sont menées au cabinet dentaire qui doit être équipé d'une unité d'acquisition numérique (caméra intra-buccale) et d'une machine-outil. L'investissement financier est important et l'achat d'un tel matériel permet dans la plupart des cabinets équipés de ne gérer que des cas de restaurations simples (coiffes unitaires, inlay, onlay, etc...).

En CFAO semi-directe, la numérisation et la réalisation du modèle virtuel sont effectuées au cabinet. Le fichier est envoyé via internet au laboratoire où le prothésiste conduira les étapes de conception et de fabrication.

En CFAO indirecte des empreintes surfaciques classiques sont prises au cabinet puis envoyées au laboratoire où la chaîne numérique sera entièrement gérée.

La numérisation intra-orale à l'aide de caméra intra-buccale ne permet pas de gérer tous les cas prothétiques. En effet, lorsque le traitement nécessite un montage sur articulateur et l'utilisation d'un arc facial, la CFAO indirecte reste obligatoire.

Une étude menée en 2013 dans la région Midi-Pyrénées [10] montre que 72% des praticiens sondés utilisent la CFAO indirecte et dans 94% des cas en prothèses fixées.

Ce travail est donc mené dans l'intention de décrire les étapes laboratoire, souvent méconnues des praticiens, pour la réalisation de prothèse fixée par CFAO. Définir les conséquences de ces nouvelles méthodes de travail au niveau du cabinet dentaire, de

démontrer quelles sources d'erreurs ont pu être limitées et de donner un aperçu sur la prothèse de demain.

La CFAO n'est pas récente mais nous sommes à son avènement, elle a déjà permis de faciliter les restaurations tout céramique, l'utilisation de la zircone et il est évident que bien d'autres avancées et innovations en découleront. Les outils numériques ne sont pas utiles seulement dans un but de limiter l'erreur humaine mais d'améliorer la communication entre les cabinets dentaires et leurs laboratoires.

2. Les étapes cliniques

Dans le cadre de la CFAO indirecte, la prise d'empreinte se fera de manière « traditionnelle » par enregistrement surfacique. C'est le point de départ de toute réhabilitation prothétique, chaque cas est unique et demande réflexion quant à la technique et le matériau utilisé [11]. Les matériaux et les différentes techniques d'enregistrement en prothèse conjointe seront développés dans ce chapitre.

De plus l'enregistrement des relations intermaxillaires (RIM) est une obligation pour toutes restaurations prothétiques, la gestion de l'occlusion sera donc également décrite.

Notons également qu'il est conseillé de prendre des photographies lors de la première séance, elles apportent des informations précieuses au laboratoire et permettent également de montrer au patient l'évolution en fin de traitement.

2.1 Les empreintes surfaciques

2.1.1 L'accès aux limites cervicales

A. Principes

L'accès aux limites cervicales afin d'enregistrer le profil d'émergence sur la périphérie de la préparation est l'objectif principal de l'empreinte. Une ouverture momentanée du sulcus est recherchée, sans le léser [12] afin que le matériau à empreinte y fuse.

Le prérequis pour atteindre cet objectif est un état parodontal sain c'est-à-dire un sulcus non inflammatoire limitant ainsi la production du fluide gingivale et les saignements lors de sa manipulation [13]. Pour ce faire [14] :

- Thérapeutique parodontale initial ;
- Elongation coronaire ;
- Provisoire mis en place aux limites 15 jours avant la prise d'empreinte.

B. Techniques

Il existe deux types de techniques permettant l'accès [15] :

- Techniques par déflexion [Tableau 1] ;
- Techniques par éviction [Tableau 2].

Techniques / Caractéristiques		Simple cordonnet	Double cordonnet	Expasyl	Magic Foamcord
Nature du parodonte	Fin et Festonné	--	-	-	-
	Epais et Festonné	-	+	++	+
	Epais et Plat	+	++	+	+
Hauteur de gencive attachée	Insuffisante	--	-	-	-
	Intermédiaire	-	+	++	+
	Suffisante	+	++	++	++
Limite cervicale	Intra Sulculaire	-	++	+	+
	Mi – hauteur	+	+ / -	++	++
	Juxta Gigivale	++	--	++	++
Coût	Faible	++	++		
	Elevé			+	+

[Tableau 1] Avantages et inconvénients des techniques par déflexion.

Techniques / Caractéristiques		Curetage rotatif	Electro - chirurgie	Laser
Nature du parodonte	Fin et Festonné	–	–	–
	Epais et Festonné	–	–	–
	Epais et Plat	++	++	++
Hauteur de gencive attachée	Insuffisante	--	--	--
	Intermédiaire	–	–	–
	Suffisante	++	++	++
Limite cervicale	Intra Sulculaire	++	++	++
	Mi – hauteur	+	+	+
	Juxta Gigivale	+	+	+
Coût	Faible			
	Elevé	+	++	++

[Tableau 2] Avantages et inconvénients des techniques par éviction.

2.1.2 Les matériaux à empreinte

Les qualités nécessaires pour un matériau d'empreinte idéal sont :

- Facilité de manipulation ;
- Temps de travail long, mais temps de prise en bouche court ;
- Hydrophile et tolérance à l'humidité ;
- Précision de reproduction des détails ;
- Stabilité dimensionnelle immédiate et différée ;
- Résistance au déchirement ;
- Désinfection possible ;
- Compatibilité avec les matériaux de reproduction ;
- Coût raisonnable.

Tous les matériaux ne peuvent regrouper ce cahier des charges entièrement à chaque situation clinique il conviendra d'utiliser le matériau adéquat.

Afin de répondre à l'obligation de précision d'adaptation et du respect du profil d'émergence les matériaux les plus utilisés depuis les années 70 en prothèse conjointe sont les élastomères silicone [16]. Cette famille de matériau possède les facultés nécessaires à l'enregistrement des limites [17]. De plus ils sont disponibles dans une grande variété de viscosités (haute, moyenne, basse) permettant de s'adapter à chaque situation clinique [18].

2.1.3 Techniques d'empreintes surfaciques

Dans le cadre d'enregistrement de la limite en prothèse conjointe elles sont au nombre de deux [19] :

- Double mélange → rapide mais compression relative et risque de tirage élevé, utilisée pour des préparations supra et juxtagingivales parfois intrasulculaire pour un parodonte fin ;
- Wash technique → compressive peu de risque de bulle, la séance sera plus longue et il y a un risque de mauvais repositionnement. Elle sera utilisée dans un cas où la limite est intrasulculaire et le parodonte plutôt épais.

Pour tous les cas de réhabilitation (unitaire ou multiple) en prothèse fixée il faudra toujours favoriser les empreintes globales aux sectorielles avec des portes empreintes rigides et indéformables augmentant ainsi la compression limitant le risque de bulle [20]. Une mise en condition tissulaire consciencieuse et l'utilisation des matériaux selon les normes du fabricant permet de limiter les risques de déformation.

2.1.4 Contrôle de validation de l’empreinte

Le praticien contrôlera l’absence de bulle, de manque, de tirage. La présence d’une petite collerette au-dessous de la limite signe la réussite de l’enregistrement du profil d’émergence [Figure 3]. Cette précision est primordiale pour le futur détourage du prothésiste qui facilitera la lecture de la limite cervicale.



[Figure 3] Empreinte double mélange avec présence de la collerette.

2.2 Gestion de l’occlusion

2.2.1 Rappel

La mise en place de prothèse a pour but de consolider et de reconstruire une ou des dents malades ou absentes. Un des objectifs du traitement dentaire est le rétablissement de l’occlusion, on recherche ainsi à rétablir ou améliorer la fonction masticatoire [21].

Le praticien se doit d’effectuer un diagnostic occlusal pré prothétique minutieux qui permettra de dépister des troubles occlusaux. Le plan de traitement devra en tenir rigueur afin de les traiter et surtout de ne pas créer de troubles iatrogènes. L’examen occlusal complètera les examens clinique et radiologique [22].

2.2.2 Les fonctions occlusales

Afin de faciliter les diagnostics occlusaux, il a été proposé en 1996 [23] de définir les fonctions occlusales en fonction de calage, de guidage et de centrage. Selon les travaux de J-D Orthlieb et al [21] :

- La fonction de calage est une stabilisation dentaire et mandibulaire durable, l'intercuspitation entraîne la quasi-totalité des dents cuspidés ;
- La fonction de centrage est une position mandibulaire non contraignante, l'intercuspitation engendre des contraintes musculoarticulaires minimum ;
- La fonction de guidage engendre des mouvements mandibulaires symétriques, simples et non bridés, l'intercuspitation n'a pas de contraintes postérieures ou de limites antérieures.

On recherchera donc un trouble de ces fonctions lors de l'examen occlusal.

2.2.3 Enregistrements des relations intermaxillaires

A. Sans DAM diagnostiqués

Dans le cadre de restauration unitaire ou de faible étendue sans dysfonctionnements de l'appareil manducateur (DAM) l'enregistrement des relations intermaxillaires (RIM) pourra se faire uniquement à l'aide d'un mordu [24].

Celui-ci peut être exécuté de deux manières :

- Mordu en OIM ;
- Mordu en FGP (Functionally Generated Path).

Le FGP est un procédé déjà présenté par Meyer en 1934 [25] puis par Dawson en 1992 [26], on y retrouve un intérêt aujourd'hui grâce au logiciel de CAO. En effet il consiste en un enregistrement par mordu en deux temps, un premier traditionnel en OIM et un second mettant en jeu la fonction de guidage [27]. Nous verrons dans la partie sur les articulateurs virtuel ce qu'apporte cet enregistrement.

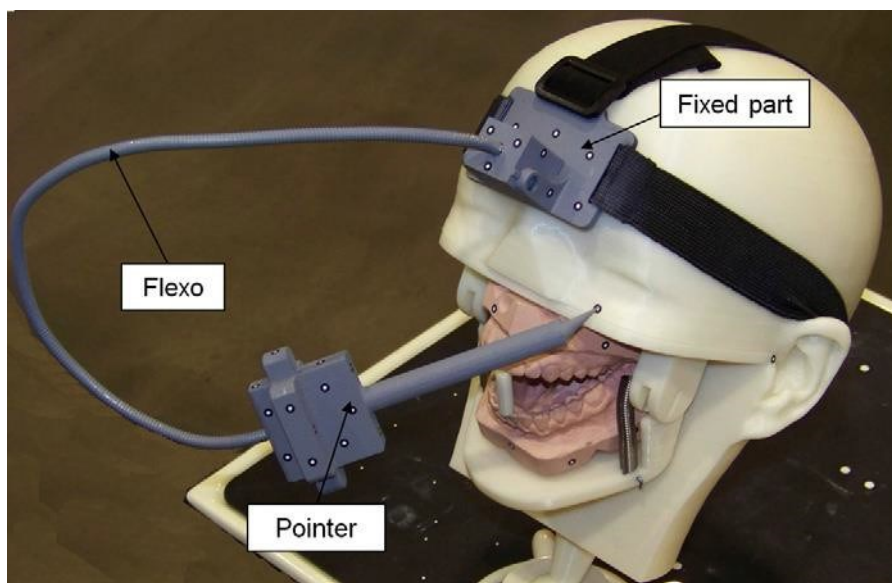
B. Avec DAM diagnostiqués

Dans le cas de restauration de grande étendue ou de DAM diagnostiqué il faudra toujours passer par une analyse occlusale instrumentale [28], c'est-à-dire un enregistrement des RIM à l'aide d'un arc facial et d'un montage sur articulateur. Nous verrons par la suite les moyens à mettre en place afin de numériser ce montage.

Discussion :

Nous pouvons avancer que la CFAO directe et semi-directe trouvent leurs limites en cas de DAM, le praticien ne peut s'affranchir du montage sur articulateur, de l'utilisation d'un arc facial et donc la prise d'empreinte surfacique. La CFAO indirecte reste aujourd'hui obligatoire lorsque l'occlusion est à redéfinir ou restaurer.

Cependant des études en cours cherchent à développer des arcs faciaux virtuels [29 ; 30], ce sont des pointeurs laser fixé sur la tête du patient [Figure 4]. Il faut tout d'abord enregistrer la position des deux tragus (axe charnière de la mandibule) puis d'un point sous orbitaire formant ainsi un plan sur lequel l'arcade maxillaire pourra être positionné. Trois points d'occlusion distincts sont ensuite enregistrés (par exemple cuspides palatines 16/26 et bord incisif 21). Le logiciel permet ensuite de placer l'arcade par rapport à l'axe charnière de la mandibule et l'articulateur virtuel peut être utilisé. La précision de ce dispositif n'est pas encore validée par la science.



[Figure 4] Arc facial virtuel en cours d'élaboration.

De ce fait, tant que des arcs faciaux virtuels ne seront pas disponibles et que l'investissement financier conséquent nécessaire à l'équipement des cabinets pour la CFAO directe ou semi-directe, les méthodes « traditionnelles » d'enregistrement donc la CFAO indirecte restera un pré requis.

3. Les étapes laboratoires

Les étapes laboratoires en CFAO indirecte prennent en charge la conception et la fabrication de la future prothèse. La conception sera menée à l'aide d'un logiciel de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) et la fabrication utilisera un logiciel distinct dit de FAO (Fabrication Assistée par Ordinateur).

Avant de pouvoir pleinement entrer dans la chaîne numérique les empreintes surfaciques vont devoir subir un traitement, celui-ci est le même qu'en conception « traditionnelle ».

3.1 Traitement des empreintes

Le traitement conventionnel des empreintes comprend plusieurs étapes que sont :

- La désinfection ;
- La coulée des modèles ;
- La mise en die ;
- Le détournage ;
- Le montage sur articulateur (en cas de DAM diagnostiqués).

En CFAO indirecte, ces étapes parfois génératrices d'imprécisions, ne peuvent être supprimées. Elles devront être conduites selon des règles afin de garder la précision d'enregistrement des limites cervicales, de la morphologie des préparations et de l'axe de celles-ci.

La désinfection des silicones quel que soit le produit utilisé ne génère pas de variation dimensionnelle [31].

La coulée des modèles, à condition qu'elle soit menée à l'aide d'une balance (dosage plâtre), d'un vibreur (élimination des bulles), d'un malaxeur sous vide et qu'elle soit faite dans des délais raisonnables (fonctions de la stabilité dimensionnelle du produit à empreinte) [32], permet de réduire le risque de variation dimensionnelle et d'imprécision.

Afin de limiter encore les imprécisions, ces deux premières étapes peuvent être conduites au cabinet réduisant les sources d'erreurs liées au transport (vibration, variation de température, etc...) et le temps de coulée. De plus cela permet au praticien de contrôler le bon enregistrement de la limite cervicale élément clef nécessaire pour le détournage du prothésiste assurant une parfaite adaptation de la future prothèse [32].

Le détournage et la mise en die sont les étapes qui peuvent engendrer un défaut au niveau de la limite cervicale si celle-ci est peu lisible ou une mobilité des MPU si les pins utilisés

n'assurent pas une bonne rétention [33]. De plus le fractionnement du modèle peut léser les faces proximales des dents adjacentes.

Le montage sur articulateur n'altère quant à lui d'aucune façon les limites cervicales où la morphologie des dents à restaurer.

Notons que la CFAO directe avec une prise d'empreinte optique à l'aide d'une caméra intra-buccale au fauteuil permet de soustraire ces étapes laboratoires. Cela réduit les risques d'imprécision liés à la variation dimensionnelle des matériaux par leur traitement mais ne peut être mis en œuvre que pour des cas de réhabilitation simple.

3.2 La Conception Assistée par Ordinateur

La CAO est conduite à l'aide d'un logiciel selon plusieurs étapes :

- La numérisation ;
- Le paramétrage ;
- La modélisation.

3.2.1 La numérisation

Dans le cadre de la CFAO indirecte, la numérisation est extra-orale. Une information analogique (les modèles en plâtre) sera convertis en données informatique à l'aide d'un scanner.

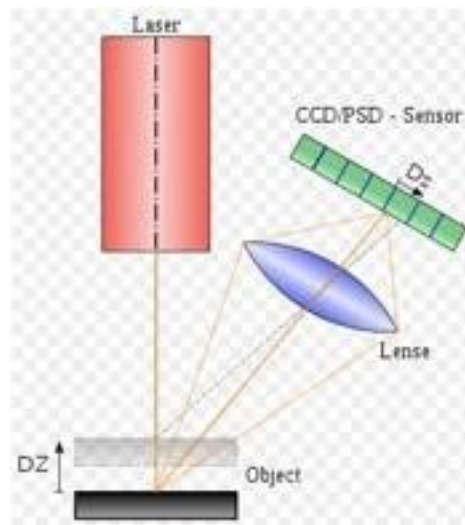
A. Principe de fonctionnement des scanners

a. Méthode d'enregistrement

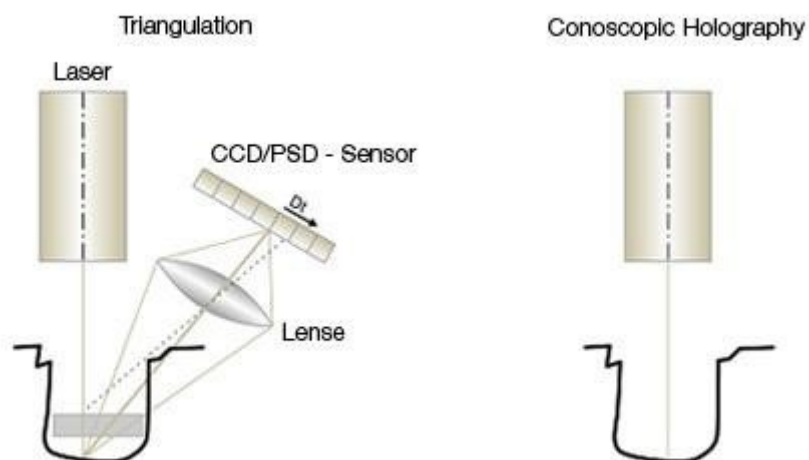
Une multitude de scanners sont proposés mais fonctionnent tous selon les procédés suivants [34] :

- Triangulation laser [Figure 5]: un rayon laser balaye la surface du modèle et une caméra numérique enregistre la distorsion du faisceau. Elle est appelé triangulation car le modèle, le laser et la caméra forme un triangle ;
- Lumière structurée : projection d'un motif lumineux soit par vidéoprojecteur LCD soit par laser et la encore une caméra enregistre la distorsion. Ces scanners permettent un enregistrement plus rapide ;
- Holographie conoscopique : nouvelle technique qui enregistre des hologrammes en lumière incohérente au moyen d'un cristal monodirectionnel. A la différence des autres techniques les faisceaux projetés et réfléchis ont la même trajectoire

[Figure 6]. Celle-ci permet la mesure d'angle très marqués (85°) et de cavités profondes.



[Figure 5]. Principe d'un détecteur utilisant la triangulation laser.



[Figure 6]. Différences entre triangulation active et l'holographie conoscopique.

b. Traitement des données

La numérisation génère un maillage de points reliés entre eux par triangulation créant un ensemble de polygones définissant par leur orientation l'intérieur et l'extérieur du modèle.

Ce type de fichier informatique se trouve sous le format STL (stéréolithographie), ils sont convertis par les logiciels de CAO à l'aide d'un noyau graphique de modélisation polygonale pour ainsi former le modèle en trois dimensions (3D) [35].

Ce format est utilisé par tous les systèmes ouverts à la différence des systèmes fermés qui utilisent des formats obligeants l'achat d'un logiciel et d'une machine outils spécifique. Il existe un autre format basé sur la modélisation par courbes, le NURBS qui offre une plus grande précision. Ce format est utilisé pour les prothèses vissées sur implant exigeant une grande passivité [34].

B. Les étapes de scannage [36]

a. Saisie des données

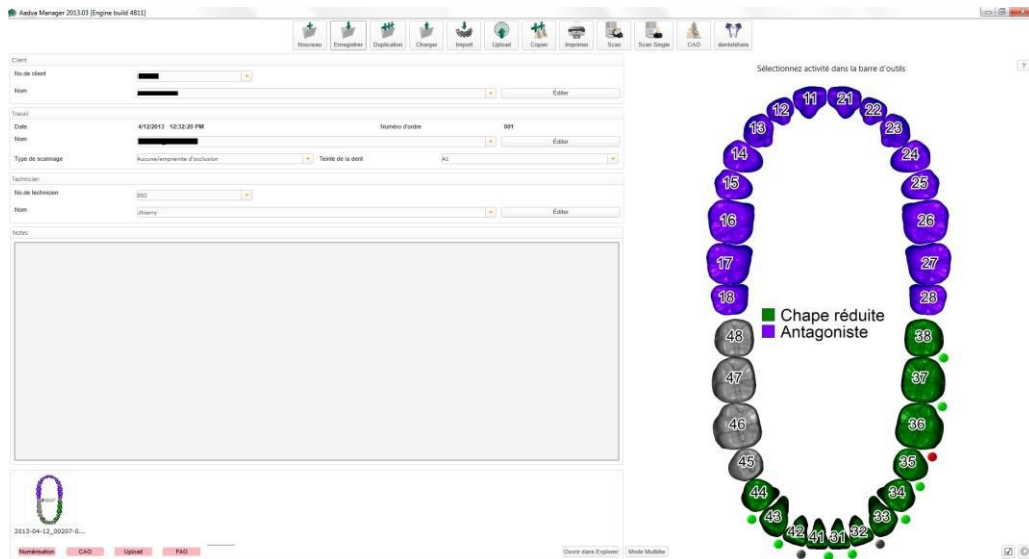
A l'ouverture du logiciel il faudra tout d'abord déterminer pour chaque dent le travail demandé [Figure 7] :

- Moignon ;
- Intermédiaire ;
- Dent adjacente ;
- Antagoniste.

Ainsi que le type de prothèse :

- Chape simple ;
- Chape anatomique ;
- Couronne pleine ;
- Pontic réduit.

Il faudra également définir le type de matériau à usiner mais celui-ci est modifiable par la suite pour tous les logiciels.



[Figure 7]. Ouverture projet sur Exocad.

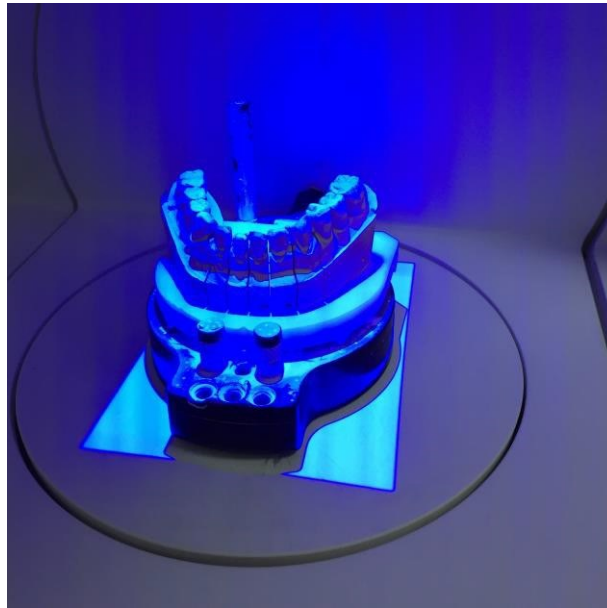
b. Scannage maître modèle/antagoniste

Le modèle est placé dans le scanner maintenu par des vis latérales, le plateau de maintien peut être pour certain scanner amovible, il sera repositionner par de aimants et ergots [Figure 8].

Les premiers scanners effectuaient cette étape en deux temps, un scan de basse définition permettait d'avoir une image grossière puis la zone de scannage en haute définition était définie manuellement. Aujourd'hui les scanners sont équipés de caméras de prévisualisation et permettent d'éviter cette étape, la sélection est faite sur l'image fournie en direct par la caméra [Figure 9].

Le modèle en 3D est ainsi créé et visible à l'écran. Une vérification sera conduite afin de déceler des zones manquantes en faisant tourner le modèle dans tous les axes, si des zones sont mal définies le scan pourra être réorienté vers celles-ci.

Les mêmes étapes seront conduites pour le modèle antagoniste.



[Figure 8] Modèle antagoniste dans un scanner GC Aadvia Lab (lumière structurée).



[Figure 9] Etape de scannage avec caméra de prévisualisation sur Exocad.

c. Scannage de l'occlusion simple

La technique de numérisation sera différente dans les cas de restauration avec ou sans DAM puisqu'en clinique l'enregistrement des RIM n'a pas été pratiqué selon la même technique.

Dans les cas de restauration unitaire ou de faible étendue les modèles sont placés en OIM dans le scanner et maintenue par des élastiques. Une séquence de scannage supplémentaire est faite afin de permettre au logiciel de placer les modèles numériques dans la position enregistrée.

Le maître modèle et un mordu occlusal pourront uniquement être numérisés, l'image de l'antagoniste sera donc beaucoup moins précise, cette technique convient pour la création de provisoire. La numérisation de mordu pratiqué selon la technique FGP peut cependant renseigner sur la possible présence d'interférence [27].

Il est conseillé de prendre le temps de passer par les trois scans (maître modèle, antagoniste, en occlusion) afin que le maximum d'information soit numérisées augmentant la précision.

d. Scannage de l'occlusion montée sur articulateur

Dans le cas de restauration de grande étendue ou de DAM diagnostiqués, les RIM ont été enregistrées en clinique à l'aide d'un arc facial. Les deux modèles sont donc montés sur articulateur mais la gestion de l'occlusion pourra se faire sur le logiciel à l'aide d'articulateur virtuel. La numérisation du montage demande des étapes spécifiques décrites dans le paragraphe suivant.

C. Les articulateurs virtuels

La première tentative de mise en place des articulateurs virtuels fût menée par F. Duret en 1983 avec « L'access articulator » [37]. Depuis tous les logiciels proposent cette fonction et les travaux de C. Gaertner et al [38] ont prouvé leur efficacité.

a. Scannage du montage

Les scanners donnent la possibilité de numériser les modèles soit avec un articulateur fournis par le fabricant ou certains logiciels permettent de définir le type d'articulateur dont les caractéristiques (forme des bâtis, distance intercondylienne, etc.) sont dans la banque de données [39].

Avant d'effectuer la numérisation il faudra accorder l'articulateur virtuel et l'articulateur physique à l'aide d'un étalonneur [Figure 10]. Cette étape est à réaliser uniquement lors de la première utilisation de l'articulateur physique avec le scanner.

Les modèles seront ensuite scannés séparément sur leur plaque de montage [Figure 11]. Le logiciel pourra les replacer selon la relation enregistrée.



[Figure 10] Etalonnage articulateur physique.



[Figure 11] Scan du montage.

b. Fonctionnalités

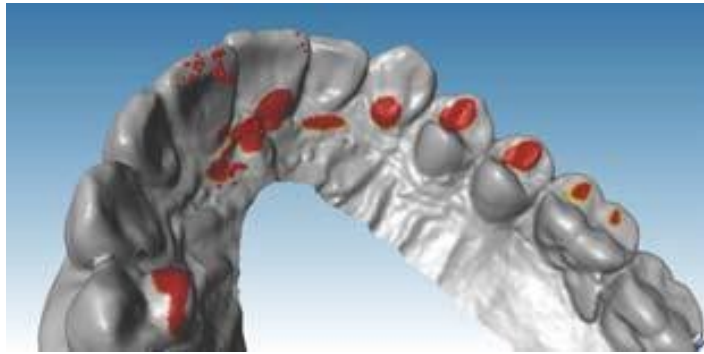
Il faudra tout d'abord rentrer manuellement les valeurs de la Pente Condylenne et de l'Angle de Bennett [39].

Ils offrent ensuite toutes les fonctionnalités qu'un articulateur physique permet c'est-à-dire la reproduction de tous les mouvements mandibulaire par les déterminants postérieurs et antérieurs [40].

Ils permettent également de marquer les points d'occlusion comme sur l'articulateur physique à l'aide du papier d'occlusion [41] [Figure 12]. La présence d'interférences ou de prématurités sont également notifiées.

Cette fonction ne change pas les habitudes et les repères de l'occlusodontie mais permet une réalité augmentée [39]. En effet la transparence des moulages qui permet de mieux lire les contacts antagonistes ainsi que le grossissement et la quantification des contacts occlusaux facilite la gestion et la réhabilitation de l'occlusion de nos patients.

Les articulateurs virtuels ne sont pas simplement une aide, ils viennent compléter la chaîne numérique et permettent réellement le diagnostic des troubles occlusaux [42].



[Figure 12] Visualisation des points d'occlusion, DentalWings.

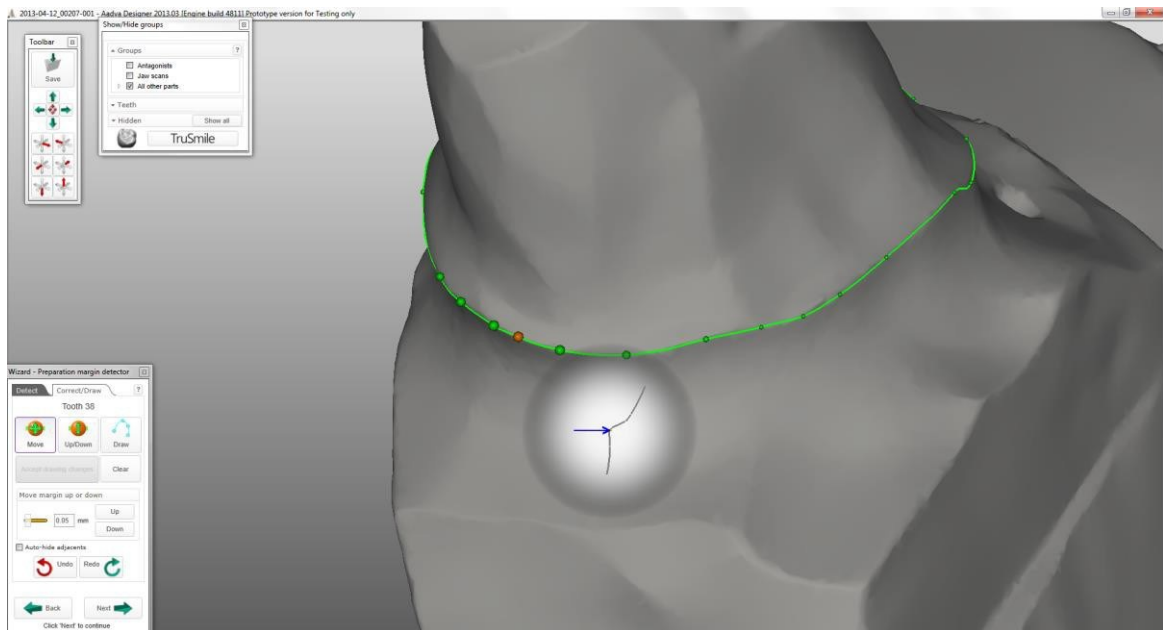
3.2.2 Paramétrage [36]

Durant cette étape le prothésiste définira la limite cervicale et l'axe d'insertion.

A. Limite cervicale

Tous les logiciels proposent un tracé en mode automatique qui permet peu de retouches dans les cas où la préparation et le détourage sont corrects. Cependant une vérification est obligatoire, tous les logiciels permettent de visualiser la dent dans tous les plans.

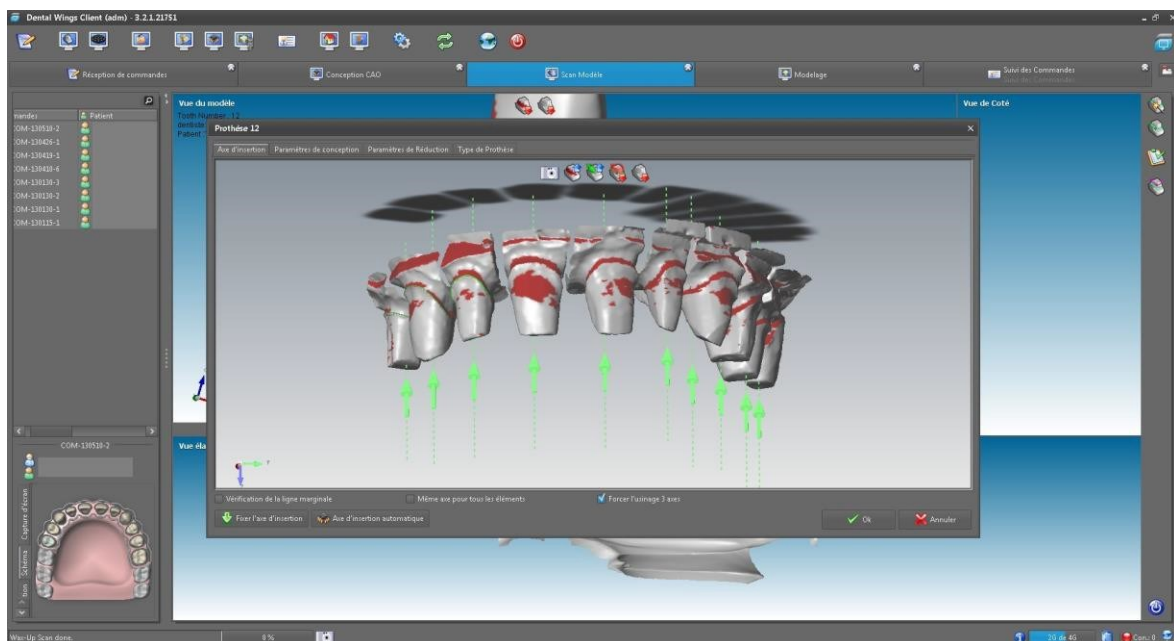
Certains offrent également la possibilité de visualiser la position de la limite de profil améliorant la lecture [Figure 13]. D'autres permettent également une définition de la limite selon un traçage effectué au crayon gris sur le modèle en plâtre avant le scannage. La limite est retouchée à l'aide de la souris si elle est mal lue par le logiciel.



[Figure 13] Définition de la limite cervicale sur Exocad.

B. Axe d'insertion

L'axe d'insertion est également automatiquement proposé. Cependant pour une même restauration il existe toujours plusieurs axes possibles et le prothésiste préférera le définir lui-même afin d'améliorer l'homothétie en réduisant les contre-dépouilles, certains logiciels les signalent par une alerte [Figure 14].



[Figure 14] Choix axe d'insertion, visualisation contre dépouilles (rouge) sur DentalWings.

3.2.3 Modélisation [36]

Durant cette étape les caractéristiques morphologiques du projet prothétique seront définies.

A. Proposition automatique (wax-up virtuel)

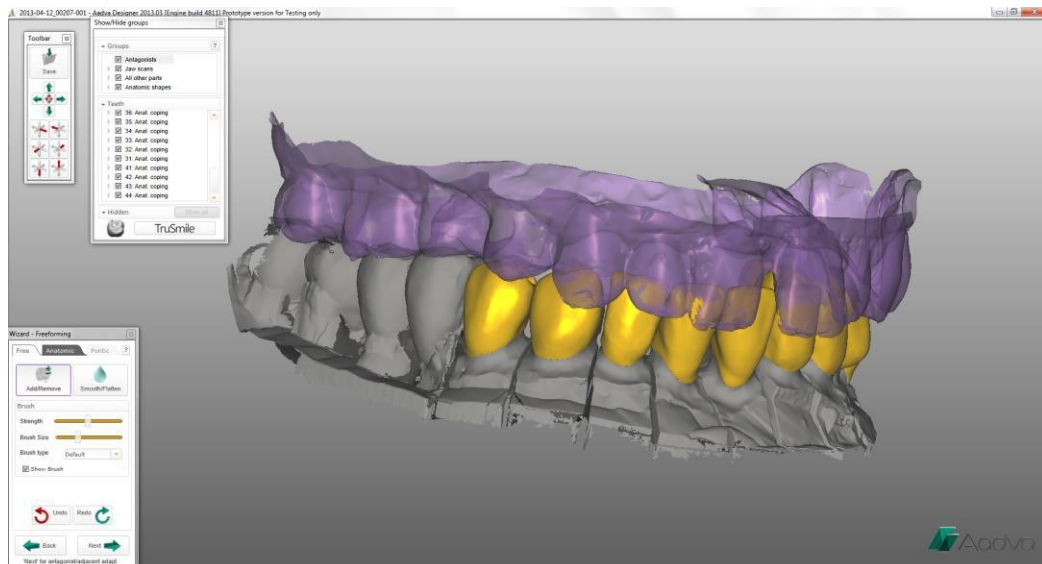
Le logiciel propose encore une fois automatiquement une solution. Un wax-up virtuel est généré à l'aide d'une banque de données de morphologies dentaires tenant compte des critères imposés (épaisseur minimum de matériau, limite cervicale, etc...) et de l'environnement des cas (antagoniste, occlusion, etc...) [Figure 15].

Dans les cas de restauration unitaire une option permet de générer une morphologie par morphing biogénérique. Un effet miroir permet de recréer l'anatomie de la dent à restaurer selon la forme d'une dent naturelle présente sur l'arcade.

Dans les cas où une demande esthétique est forte (bridge ou coiffe antérieur), uniquement les armatures seront réalisées par CFAO. Le prothésiste montera ensuite par stratification la céramique cosmétique. Dans ces cas les empreintes surfaciques sont encore une fois nécessaires. Les modèles peuvent cependant être usinés à partir d'une empreinte optique, cette méthode engendre des coûts supplémentaires et un temps de fabrication plus long.

Afin de valider avec le patient le projet esthétique, des cires de diagnostic (wax-up) devront être conçues afin de réaliser au fauteuil un masque esthétique de validation (mock up) présenté au patient pour obtenir sa validation [43].

Dans ces cas le wax-up est réalisé manuellement puis, après validation du mock-up, scanné avec les modèles. La morphologie sera donc définie par le scan du wax-up et donc aucunes retouches ne seront apportées.



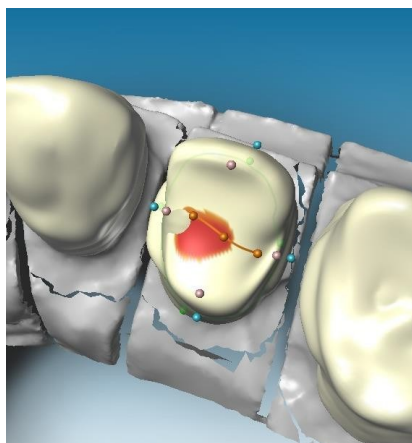
[Figure 15] Wax up virtuel (jaune) et antagoniste (violet) sur Exocad.

B. Modification des caractères

Dans 80% des cas la solution proposée est valide mais la morphologie pourra toujours être modifiée. Soit en allant chercher dans la banque de données une autre forme de dent qui sera ajusté automatiquement soit en se servant de divers outils du logiciel.

a. Poignées d'ajustage/morphing

Ces outils permettent de modifier la morphologie de la dent point par point et par étirement [Figure 16]. La différence entre les deux se trouve au niveau du sens de la modification. Les poignées ne permettent de bouger que dans un sens unique alors que le morphing cible un point précis de la dent qui peut être étiré à 360°.

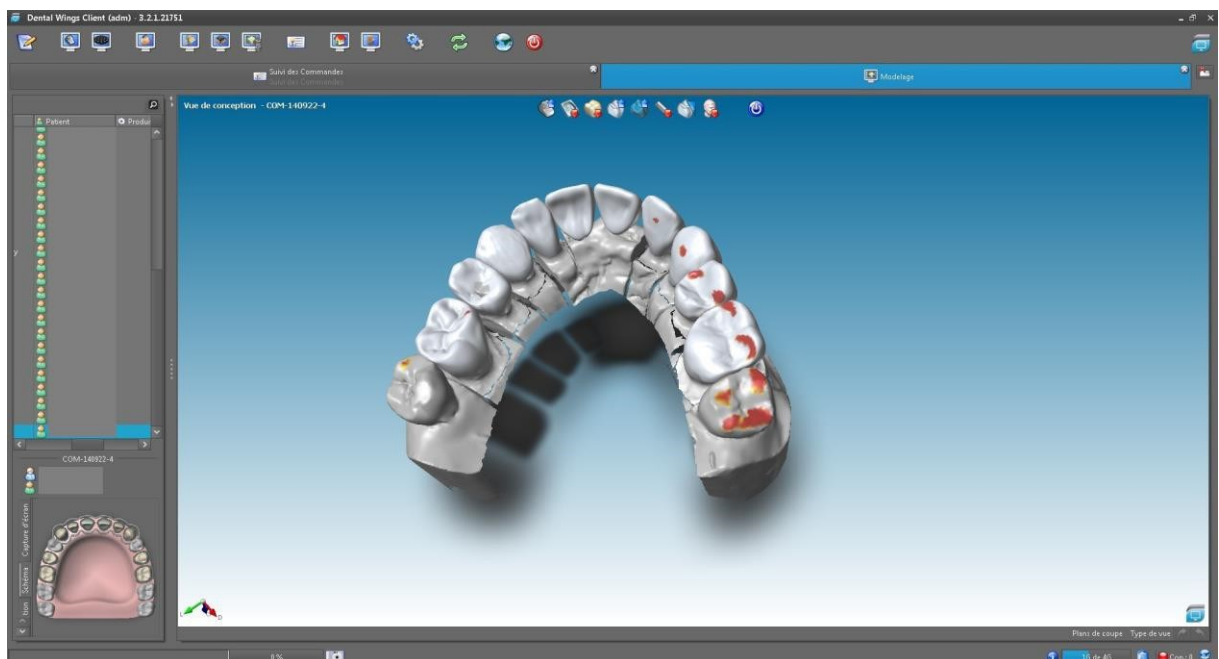


[Figure 16] Visualisation poignées d'ajustage sur DentalWings.

b. Point de contact/table occlusale

La situation et la force des points de contact pourront être modifiées, elles devront toujours se trouver sur la ligne de plus grand contour coronaire des dents adjacentes.

Enfin la morphologie de la table occlusale est également modifiable. La situation présentée automatiquement tient compte de la morphologie occlusale de l'antagoniste, la force et la position des contacts occlusaux sont matérialisées par des zones colorées [Figure 17]. Les modifications sont faites par lissage qui diminue progressivement le relief ou par création de zones d'abrasions.

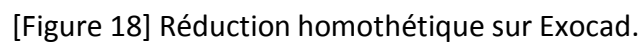


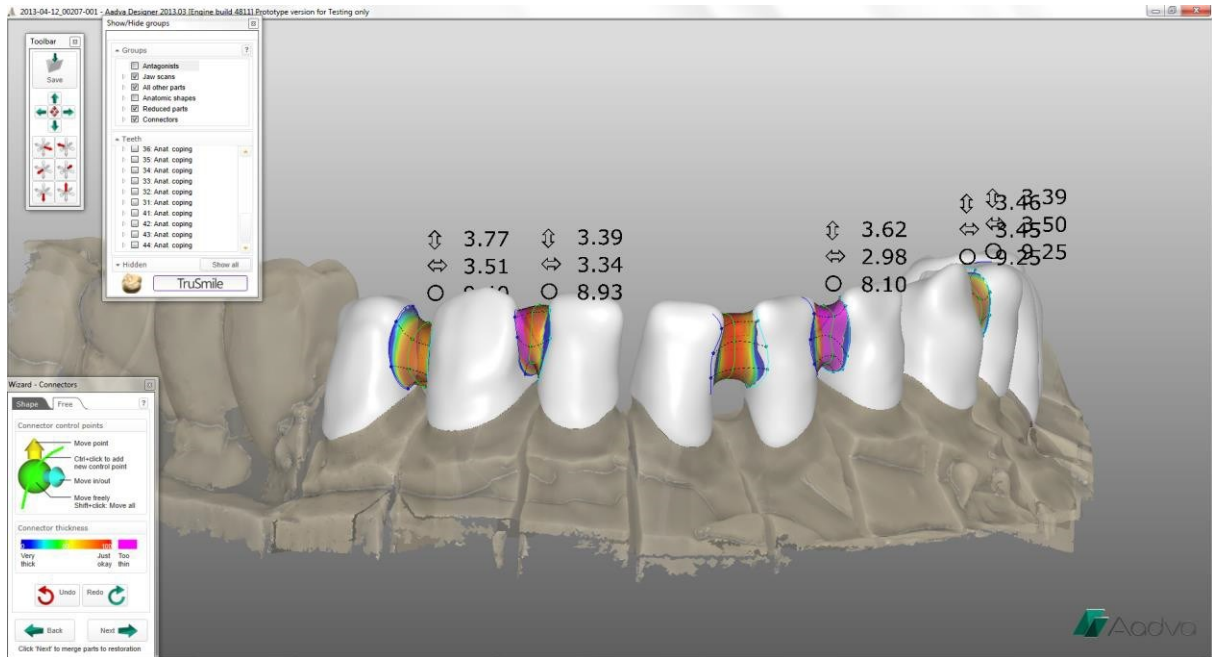
[Figure 17] Gestion des contacts occlusaux (rouge) sur DentalWings.

C. Réduction homothétique/connecteurs

Pour la réalisation d'armature une réduction homothétique du wax-up virtuel finalisé sera effectué [Figure 18]. Les informations sur les épaisseurs minimales de résistance des différents matériaux sont connues des logiciels. La réduction est donc faite en mode automatique mais des modifications sont encore possibles afin d'éviter des zones de céramique non soutenue. Le logiciel informe à tout moment si la quantité de matériau est suffisante [Figure 19].

- 6 mm² pour le métal non précieux ;
- 9 mm² pour la zircone ;
- 12 mm² pour le disilicate de lithium (e-Max®).





[Figure 19] Gestion des connecteurs la couleur rose indique une épaisseur trop fine, Exocad.

D. Finalisation

L'élaboration du projet prothétique pourra être finalisée et validée après une dernière vérification de l'ajustage des limites, des épaisseurs de matériaux et des fonctions occlusales. Le prothésiste pourra donc lancer la fabrication qui sera conduite différemment en fonction des cas et des matériaux choisis, ces étapes sont décrites dans le chapitre suivant.

Discussion :

La précision d'une empreinte surfacique est de l'ordre de 20 à 50µm [45]. Selon Bindl et al [46] les tissus dentaires (peu réfléchissants), la salive et les mouvements du patient lors de l'empreinte optique en diminueraient la précision qui est en moyenne de 20µm [45].

Toutes les sources d'erreurs liées au traitement des empreintes peuvent être évitées si les étapes sont menées de manière consciencieuse selon leurs règles de bonne conduite. Le maître modèle peut ainsi conserver le niveau de qualité d'enregistrement de l'empreinte surfacique.

La majorité des scanners utilisent la technologie de triangulation active en lumière structurée [47]. En effet cette méthode d'enregistrement assure rapidité et précision (5µm) [47].

Ces scanners ne permettent pas une numérisation selon des angles prononcés donc la numérisation directe des empreintes (non coulées) est impossible ce qui éviterai les étapes de traitements de celle-ci.

Donc la précision des empreintes surfaciques et de l'enregistrement des scanners permettent une précision similaire à une empreinte optique.

La conception prothétique numérique permet d'éliminer certaines étapes de la chaîne prothétique traditionnelle pouvant engendrer des sources d'erreurs que sont [33] :

- La mobilité des MPU (modèle positif unitaire) générant des points de contact imprécis ;
- La mise en place de vernis d'espacement générant parfois des sur occlusions et défaut d'adaptation marginal [48] ;
- Des variations de température que peuvent subir les maquettes en cire générant des défauts d'adaptation.

De plus la CAO apporte aux prothésistes une réalité augmentée lors de la conception garante de précision.

4. Fabrication de la pièce prothétique

La difficulté de fabrication est fonction du matériau choisi par le praticien, de la complexité de la forme de la pièce prothétique ainsi que du niveau d'exigence qualitatif. Nous verrons dans ce chapitre quelles matériaux la CFAO permet d'utiliser et les moyens de mise en forme.

4.1 Les matériaux accessibles en CFAO

Aujourd'hui presque tous les matériaux utilisés en prothèse fixée, les céramiques, les métaux, les cires et les résines sont utilisables en CFAO [49]. Toutes les machines ne peuvent pas les usiner, nous verrons par la suite les différentes machines-outils et leurs caractéristiques.

4.1.1 Les céramiques

Toutes les familles de céramiques sont accessibles en CFAO [50], se sont donc les céramiques feldspathiques, vitrocéramiques, infiltrées et polycristallines qui sont pour ces dernières accessibles uniquement en CFAO [51].

Leur utilisation peut être résumée succinctement par le tableau suivant :

Matériau	Sous-catégorie	Indication
Céramique feldspathique		Inlay/onlay, facette, chip ou couronne unitaire antérieure
Céramique vitrocéramique		Inlay/onlay, facette ou couronne unitaire antérieure jusqu'aux PM (dent pulpée de préférence)
Céramique infiltrée	InCeram Spinel	Infrastructure de couronne unitaire antérieure pulpée
	InCeram Alumina	Infrastructure de couronne unitaire antérieure et postérieure ou de petit bridge antérieur (1 intermédiaire)
	InCeram Zirconia	Infrastructure unitaire postérieure ou petit bridge de 2 intermédiaires. Bridge collé cantilever possible.
Céramique polycristalline	alumine pure	Infrastructure unitaire ou petit bridge, antérieur ou postérieur
	zircone pure	Infrastructure unitaire ou bridge

[Figure 20] Indications des différentes céramiques développées en CFAO.

La qualité de ces céramiques est en constante évolution notamment au niveau des propriétés optiques.

En exemple les vitrocéramiques enrichies au disilicate de lithium (e-Max®) qui autrefois étaient très translucides, sont aujourd'hui proposées selon une grande diversité de translucidité/opacité associé à une large gamme de teinte. Cela permet de les utiliser pour la

confection de chape sur un support coloré ce qui était autrefois contre indiqué [52]. Il en est de même pour les zircons autrefois très opaques, elles sont proposées aujourd'hui comme pour les vitrocéramiques selon des teintes plus translucides.

4.1.2 Les métaux

Dans le cadre de la CFAO les métaux utilisables sont le titane, les alliages cobalt-chrome (CoCr). Les métaux précieux et semi-précieux peuvent être usinés mais rarement utilisés en raison du coût financier [50].

Même si aujourd'hui la céramique est devenue le matériau de restauration de choix afin de répondre aux nécessités d'esthétique et de biocompatibilité, l'utilisation de métal en prothèse fixée est encore d'actualité [53].

L'utilisation du titane peut être une alternative à la céramique dans certains cas cliniques en raison de sa biocompatibilité, sa résistance mécanique élevée et son absence de toxicité. Il est préféré aux alliages à cause des risques de corrosion électrochimique [52].

4.1.3 Les résines [54]

Matériau de choix pour la confection de provisoires, elles sont très facilement usinables et sont indiquées pour de simples couronnes unitaires comme pour des bridges de grande portée. La durée maximale en bouche est de 12 mois.

Enfin certaines résines polymère chargées de fibre de verre peuvent servir d'infrastructure de bridge jusqu'à 6 éléments.

4.1.4 Les matériaux hybrides

Ces matériaux sont des céramiques hybrides inventées par le Dr Michal Sadoun. Ce sont des céramiques poreuses renforcées par infiltration sous haute pression d'un polymère [52].

Leurs propriétés sont encore à l'étude mais les premières recherches démontrent une usinabilité améliorée et une meilleure résistance à la fracture par rapport aux céramiques ainsi qu'une plus grande résistance à l'usure que les composite [55].

4.2 Les techniques de fabrication

La technique de fabrication à la cire perdue est conduite selon une multitude d'étapes (maquette en cire, mise en revêtement, sablage, etc...) engendrant des variations

dimensionnelles. L'adaptation finale de la prothèse peut provenir d'une série d'erreurs censées se compenser, on parle d'imprécision contrôlée [54].

La CFAO permet d'éliminer toutes ces étapes intermédiaires, il existe deux procédés de mise en forme, l'usinage soustractif et additif.

4.2.1 Usinage soustractif

Procédés de mise en forme travaillant par meulage ou usure de matière. Le matériau se présente sous différents aspects (galette, bloc, barre, etc...), placé dans la machine-outil la pièce prothétique est travaillée à l'aide de fraises de différents calibres et grains. Ces machines-outils sont contrôlé par un logiciel de FAO.

A. Le logiciel de FAO [56]

A l'ouverture du logiciel le matériau et son conditionnement doivent être définis, il faut parfois renseigner sur ses caractéristiques (largeur, épaisseur, etc...) et dans le cas de la zircone le coefficient de rétraction doit être informé.

L'opérateur dispose à l'écran les différentes pièces à usiner [Figure 21], à partir des fichiers STL du logiciel de CAO, sur le support de matériau. Les éléments sont orientés de manière à ce qu'aucune contre dépouille n'empêche l'accès aux fraises de la machine.

La gamme et la finesse d'usinage sont ensuite définis, elles correspondent aux nombres d'axes que va suivre la machine et au nombre/calibre de fraises utilisés. Cela définit le niveau de qualité d'usinage et donc le temps de travail de la machine.



[Figure 21] Agencement des éléments à usiner sur la galette, logiciel FAO Wieland.

B. Les machines-outils

Divisées en deux familles :

- les machines d'établis de taille moyenne convenant aux laboratoires [Figure 23];
- les stations d'usinage utilisées pour la production de masse convenant aux centres d'usinage [Figure 22].



[Figure 22] Station d'usinage Wissner® gamma 303 Dental.



[Figure 23] Machine d'établis Kavo®.

Ces machines sont encore différenciées en fonction du nombre d'axe sur lequel la pièce va pouvoir tourner [57], ces axes vont de 3 à 5 [Figure 24]:

- Axe 1 : il est vertical permettant le déplacement de haut en bas ;
- Axe 2 et 3 : déplacement de gauche à droite et d'avant en arrière ;
- Axe 4 : basculement de la pièce de gauche à droite (roulis) permettant l'accès au contre-dépouille dans les plans latéraux ;
- Axe 5 : basculement d'avant en arrière permettant l'accès au contre-dépouille dans les plans frontaux / rétro-frontaux.



[Figure 24] Exemple de mouvements sur 5 axes sur la machine Everest de Kavo®.

La précision des machines d'établi n'est pas aussi fine que les stations d'usinage en raison de la légèreté des moteurs et des vibrations ainsi induites [58]. Certaines peuvent avoir une précision se rapprochant des stations d'usinage avec un poids allant jusqu'à la tonne toujours considéré comme machine d'établi en raison de leur taille mais le prix augmente également très vite.

Les stations d'usinage sont de véritables centrales industrielles, elles pèsent d'une à huit tonnes. Elles sont destinées à la production de masse, fonctionnent toujours selon 5 axes et peuvent usiner le métal. Elles nécessitent la présence de personnel hautement qualifié (ingénieur) et des équipements annexes (haut voltage, air comprimé, etc...) [58].

Toutes les machines vont pouvoir usiner des matériaux de faible dureté comme la cire, les résines et la zircone pré frittée. Pour tous les matériaux durs comme la céramique et les métaux il faudra des machines équipées de moteur à fort couple ou capable de tenir de grande vitesse de rotation avec lubrification (air/huile, huile, huile/eau) [58].

4.2.2 Usinage additif

Procédés de mise en forme consistant à réaliser la pièce prothétique par ajout de matière [59]. Les différentes technologies sont dites de « prototypage rapide », elles proviennent de l'industrie et sont surtout basées sur l'économie de matériau.

La représentation en 3D de la pièce souhaitée va être fractionnée en couche successive correspondant aux futures couches de matériau qui seront ajoutées. Cette étape est nommée tranchage numérique [60].

Elles permettent la confection de plusieurs pièces simultanément ayant une anatomie complexe, des technologies et des machines différentes sont utilisées en fonction du matériau à usiner.

Ces technologies subissent de nombreux essais cliniques actuellement notamment pour favoriser l'utilisation des céramiques selon ces procédés [61] encore impossibles aujourd'hui.

A. Les imprimantes 3D [62]

Utilisés pour la confection de pièces en résine ou en cire destinées à être utilisées comme modèles pour la fonderie à la cire perdue.

Elles utilisent deux procédés de mise en forme, l'injection de résines et polymérisation par UV ou l'injection de cire durcie par chauffe. Le fonctionnement de ces machines est similaire à l'impression par jet d'encre.

Elles sont facilement utilisables, la productivité est bonne mais chaque machine ne peut fonctionner qu'avec un seul matériau défini, le coût de celui-ci est élevé.

B. La stéréolithographie [63]

Cette technique permet de mettre en forme des matériaux polymères comme la résine. Les pièces produites sont destinées à être coulées dans un alliage de choix.

Une résine liquide sert de matériau de base, la résine photosensible est polymérisée de façon très précise par strates successives, à l'aide d'un faisceau laser ou une projection de lumière.

C. La Microfusion (Frittage Laser) [64]

Cette technique permet une fabrication directe de pièce prothétique définitive en métal. Souvent utilisée pour la confection de châssis de prothèse amovible en chrome-cobalt, les armatures de prothèse fixée peuvent également être produites.

Le procédé consiste à fondre la poudre selon les paramètres géométriques définis à partir d'un fichier CAO, puis la poudre fondue est solidifiée rapidement formant des cordons de matière solide.

Cette technique permet un gain de temps et économique pour la réalisation de châssis en métal par rapport à la fonderie ou l'usinage.

Discussion :

La FAO assure une meilleure adaptation des prothèses fixées par rapport aux techniques conventionnelles de mise en forme [65]. Les machines-outils garantissant précision et reproductibilité participent largement à ce succès.

Tous les matériaux nécessaires à la pratique de la prothèse conjointe sont utilisables par les machines travaillant par fraisage, cette technique en a même introduit.

Les techniques additives sont encore à développer car elles permettent la mise en forme d'un faible nombre de matériau.

Cependant dans des cas où la demande esthétique est forte, machines-outils et logiciel ne peuvent dépasser le savoir-faire du céramiste caractérisant les prothèses par stratification.

De plus le coût aujourd'hui encore très élevé des machines, scanners et logiciels peuvent être un frein à l'équipement de petits laboratoires se privant de ces technologies.

5. Cas clinique Dr Richelme Jean / Laboratoire Kosmeteeth

5.1 Situation initiale

La patiente se présente au cabinet avec de forte doléance esthétique. Le questionnaire médical ne relève aucun problème de santé.

L'examen clinique permet de diagnostiquer un bridge disgracieux 13-23. Un défaut de teinte, la visibilité des limites cervicales ainsi que du métal de l'armature sont relevés [Figure 25].

L'examen des fonctions occlusales et l'examen radiologique ne révèlent aucune pathologie.

Des photos de la situation initiale sont réalisées.

La réalisation de deux bridges antérieurs (11-13 21-23) est proposée à la patiente afin de réhabiliter l'esthétique. L'armature en zircone est choisie pour sa résistance mécanique et l'esthétique. De plus la présence d'un inlay-core sur la 23 nécessite l'utilisation d'un matériau masquant le métal afin de prévenir un défaut de translucidité.

Le plan de traitement est également expliqué lors de la première séance et la patiente accepte le traitement.



[Figure 25] Etat initial.

5.2 Etapes cliniques et laboratoires

Lors de la deuxième séance une empreinte de la situation initiale est effectuée ce qui permettra de confectionner un bridge provisoire de première génération par isomoulage.

Le bridge est ensuite déposé, les limites cervicales sont retouchées afin d'obtenir des limites intra-sulculaire améliorant le résultat esthétique.

La technique du double cordonnet pour l'éviction gingivale est choisie [Figure 26] et l'empreinte par double mélange à l'aide de silicone light et putty réalisée. L'empreinte de l'antagoniste est faite en alginate. Les RIM sont enregistrées à l'aide d'un arc facial.

Un bridge provisoire par isomoulage est ensuite confectionné à l'aide de résine Unifast®, le polissage de la zone cervicale est essentiel à la cicatrisation gingivale.



[Figure 26] Dents piliers avec fil de rétraction après retouche des limites et avant l'empreinte.

Au laboratoire, les empreintes vont être coulées puis montées sur articulateur à l'aide de l'arc facial. Le prothésiste va ainsi pouvoir réaliser des cires de diagnostic (wax-up) [Figure 27] après études des photographies et une analyse esthétique.

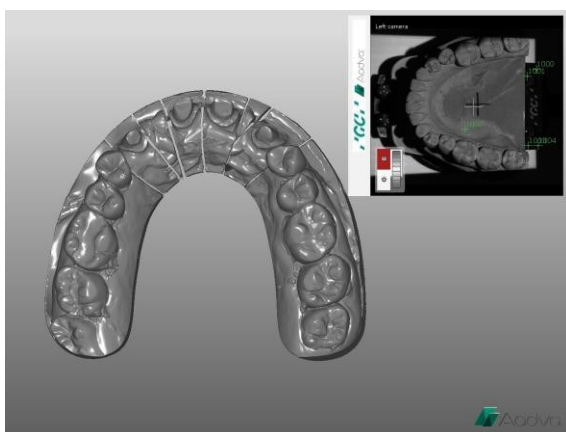
Le wax-up est ensuite dupliqué et le duplicata envoyé au cabinet.



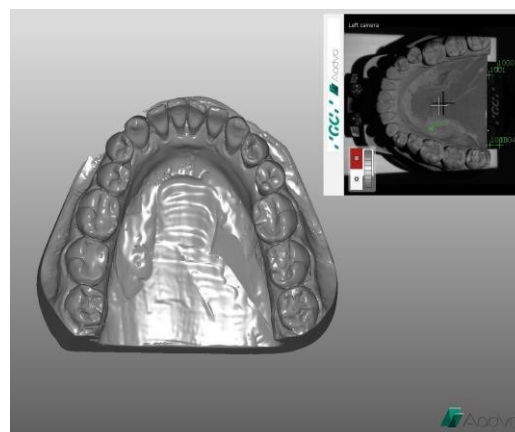
[Figure 27] Wax-up réalisé au laboratoire.

Lors de la troisième séance un masque de validation esthétique (mock-up) est réalisé en résine à l'aide du modèle du wax-up dupliqué. La patiente valide ainsi le projet esthétique dans ce cas aucune retouche n'a été faite.

Au laboratoire le prothésiste va scanner les empreintes du maître modèle [Figure 28] de l'antagoniste [Figure 29], du montage sur articulateur et du wax-up réalisé.

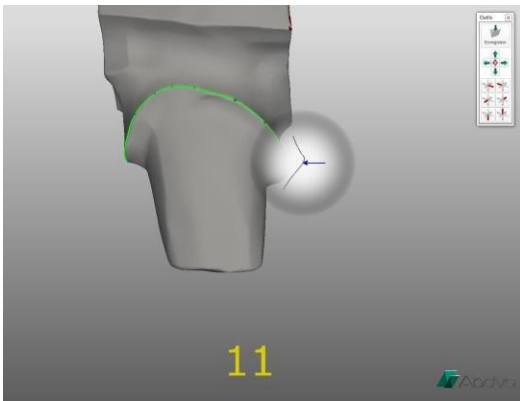


[Figure 28] Scan maître modèle.

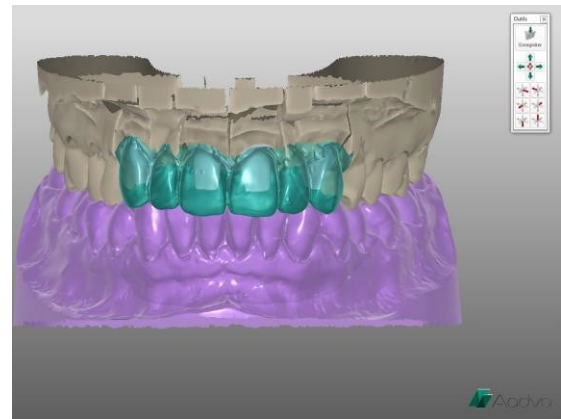


[Figure 29] Scan antagoniste.

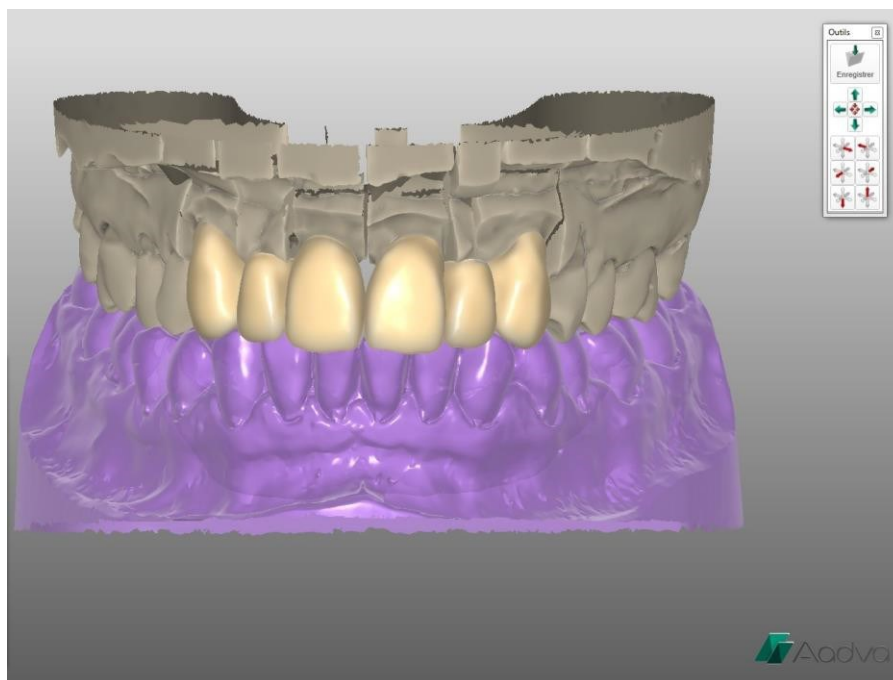
Il va ensuite définir sur chacune des dents piliers la limite cervicale [Figure 30] puis à l'aide du wax-up scanné [Figure 31] modéliser le provisoire de seconde génération en résine PMMA. Le projet finalisé [Figure 32] il est ensuite usiné puis envoyé au cabinet.



[Figure 30] Traçage limite.



[Figure 31] Wax-up scanné.



[Figure 32] Modélisation provisoire PMMA finalisée.

Lors de la quatrième séance clinique le provisoire de première génération est déposé et remplacé par les provisoires de seconde génération [Figure 33].

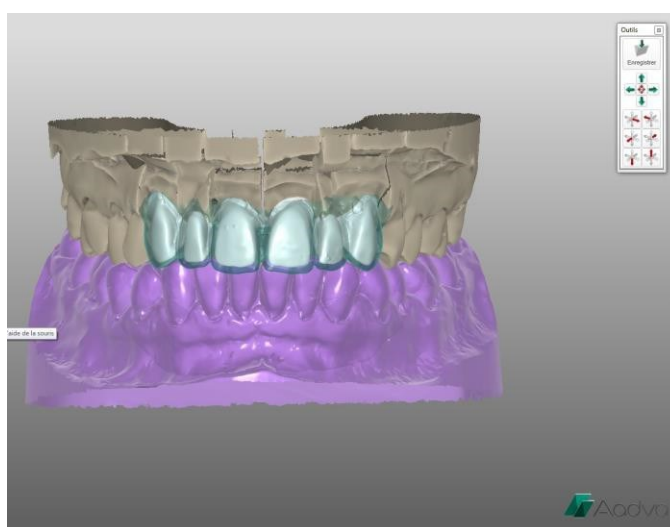
Après validation esthétique et fonctionnel à l'aide des provisoires de seconde génération l'élaboration des bridges définitifs pourra commencer.



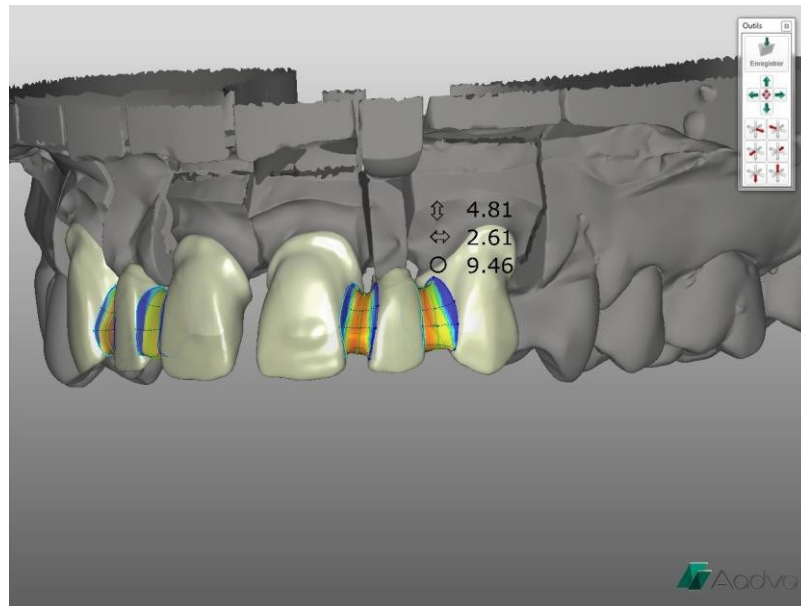
[Figure 33] Provisoires de seconde génération en bouche.

Comme pour la réalisation des éléments provisoires le prothésiste aura comme base de travail pour la modélisation des armatures le scan du wax-up afin d'optimiser l'homothétie [Figure 34]. Il effectuera donc une réduction homothétique du wax-up et la forme des chapes sera définie automatiquement par le logiciel. Des retouches pourront toujours être effectuées.

Il faudra ensuite relier les éléments par des connecteurs [Figure 35] et après vérification des épaisseurs minimums et l'ajustage des limites l'usinage des pièces est lancé.



[Figure 34] Réduction homothétique du wax-up.



[Figure 35] Modélisation des connecteurs.

Les armatures usinées [Figure 36] seront essayées en bouche afin de valider l'adaptation marginale puis elles seront stratifiées par le céramiste à l'aide de céramique feldspathique [Figure 37].

Après validation fonctionnelle et esthétique des bridges définitifs pourront être assemblés [Figure 38 ; 39]. Le choix d'un ciment de scellement a été fait car les chapes sont en zircone et la 23 présente un inlay core métallique.



[Figure 36] Armature usinées.



[Figure 37] Bridges stratifiés.



[Figure 38 ; 39] Bridges en place le jour de la pose.

6. Conclusion

La CFAO en est à ses débuts mais elle a déjà permis d'améliorer les techniques de confection de nos restaurations en offrant la possibilité d'usiner tous les matériaux nécessaires à la réalisation de prothèses fixées.

L'amélioration de l'adaptation et de la pérennité des prothèses provient du perfectionnement de l'ajustage cervical amené par l'usinage. Les logiciels offrent une réalité augmentée aux prothésistes garantissant une précision lors de la conception et la finesse des machines-outils achève ce travail.

L'objectif de la CFAO est de réduire les risques liés au facteur humain. La prise d'empreinte surfacique peut donc être contestée par rapport à une prise d'empreinte optique car elle nécessite beaucoup d'étapes intermédiaires (coulé des modèles, détourage, mise en die, etc...).

La CFAO indirecte peut être vue comme une hérésie dans cette chaîne de confection numérique. En effet le traitement des empreintes surfaciques engendre des étapes dépendante du facteur humain pouvant engendrer des sources d'erreurs que le numérique essaie de soustraire. Cependant aujourd'hui elle est encore nécessaire pour beaucoup de cas de réhabilitation prothétique.

En effet lorsque la demande esthétique est forte, l'usinage ne permet pas de surpasser le savoir-faire des céramistes qui procèdent à la stratification des céramiques cosmétiques afin d'assurer une caractérisation propre au patient. Cette évolution parviendra peut être avec l'amélioration des techniques d'usinage additif qui permettront de définir couche par couche l'épaisseur et le type de matériau souhaité.

De même lorsque la fonction occlusale est à redéfinir ou à restaurer les techniques d'enregistrement surfacique sont une obligation et la CFAO indirecte prend tout son intérêt. Elle ne sera plus une nécessité lorsque des arcs faciaux virtuels seront fonctionnels et approuvés par la science.

La CFAO indirecte reste donc aujourd'hui elle nécessaire dans des situations cliniques complexes où le praticien désire utiliser des matériaux performants associé à la précision de l'usinage.

Bibliographie

- [1] Duret F., et al, Histoire vécue : le Temps des pionniers. Information dentaire, 2007 ; 29 : 1659-1663.
- [2] Duret F., et al, CFAO le temps des démonstrations. Information dentaire, 2007 ; 29 : 1663-1668.
- [3] Duret F., L'aventure de la CFAO dentaire. La CFAO appliquée, 2014 : 7-12.
- [4] Miyazaki T., et al, A review of dental CAD/CAM : current status and future perspectives from 20 years of experience. Dental Material Journal, 2009 ; 1 : 44-56.
- [5] Guillaume A., Enquête baromètre des laboratoires. Les dossiers de technologie dentaire, juillet/août 2012 ; 307/308 : 11-30.
- [6] Tan K., et al, A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures after an observation period of at least 5 years. Clinical Oral Implants Research, 2004 ; 15 : 654-666.
- [7] McLean JW., et al, The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. British Dental Journal, 1971 ; 131 : 107-111.
- [8] Ruse D., et al, A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods. The Journal of prosthetic dentistry, 2014 ; 112 (3) : 555-560.
- [9] Cordelette M., et al, Les évolutions majeures de la CFAO directe. L'information Dentaire, mai 2014 ; 20 : 38-48.
- [10] Roques Caroline. La CFAO dans la pratique quotidienne en cabinet dentaire et en laboratoire dans la région Midi-Pyrénées en 2013 étude épidémiologique. Thèse de doctorat en chirurgie dentaire. Université Toulouse III - Paul Sabatier, 2013 ; 103p.
- [11] Cazalot V., et al, Les empreintes en prothèse sur implant. Cahiers de Prothèse, 2007 ; 137 : 39-46.
- [12] Armand S., L'accès aux limites cervicales en prothèse fixée. Cahiers ADF, 2000 ; 7 (1) : 18-23.
- [13] Descamp F., Pratique de l'empreinte en prothèse fixée, 2012 : 8-32.
- [14] Geoffrion J., et al, L'accès sous-gingival en prothèse fixée : conséquences tissulaires et guidage de la cicatrisation. Cahiers de Prothèse, 1987 ; 58 : 31-50.
- [15] Malidin Clémentine. Les techniques d'accès aux limites cervicales en prothèse fixée : indications et incidences sur la santé parodontale. Thèse de doctorat en chirurgie dentaire. Université de Nantes, 2013 ; 115p.

- [16] Lacoste-Ferré MH., et al, Quels élastomères pour quelle empreinte ? Cahiers de Prothèse, 2006 ; 136 : 51-58.
- [17] Degrange M., Structure, propriétés des élastomères et précision des empreintes. Actualités Odonto-Stomatologique, 1995 ; 191 : 369-385.
- [18] Idris B., et al, Comparison of the dimensional accuracy of one and two-step techniques with the use of putty/wash addition silicone impression material. The Journal of Prosthetic Dentistry, 1995 ; 74 : 535-541.
- [19] Bartala M., et al, Prothèse fixée. Guide clinique d'odontologie, 2011 ; Elsevier Masson.
www.em-consulte.com/getinfo/produit/471411/.../chapitre_471411.pdf (consulté Janvier 2015)
- [20] Schillingburg HT., et al, Bases fondamentales de prothèse fixée. Paris : Editions CdP, 1998.
- [21] Orthlieb J., et al, Fonctions occlusales : aspects physiologiques de l'occlusion dentaire humaine. EMC-Médecine buccale, 2013 ; 8 (1) : 1-11 [Article 28-160-B-10].
- [22] Fleiter B., et al, Examen clinique de l'occlusion. In : Orthlieb JD, Brocard D, Schittly J, Manière-Ezvan A, eds. Occlusodontie pratique. Paris : Éditions CdP, 2000 : 63-68.
- [23] Orthlieb J., et al, La fonction occlusale et ses dysfonctionnements. Réalité Clinique, 1996 ; 7 : 43-131.
- [24] Hollender M., et al, La CFAO indirecte. Information dentaire, 2014 ; 96 (20) : 22-29.
- [25] Meyer F., A New, simple and accurate technique for obtaining balanced and functional occlusion. The Journal of the American Dental Association, 1934 ; 21 : 195-203.
- [26] Dawson P.E., Les problèmes de l'occlusion clinique: évaluation, diagnostic et traitement. Ed, 1992. CDP.
- [27] Jaisson M., et al, La gestion de l'occlusion par les systèmes CFAO: les critères de choix. Les Cahiers de Prothèse, 2013 ; 161 : 39-51.
- [28] Duminil G., et al, Analyse occlusale instrumentale. EMC-Médecine buccale, 2011 (Elsevier Masson SAS, Paris), 28-005-K-10.
- [29] Solaberrieta E., et al, Improved digital transfer of the maxillary cast to a virtual articulator. The Journal of prosthetic dentistry, 2014 ; 112 (4) : 921-924.
- [30] Solaberrieta E., et al, Novel methodology to transfer digitized casts onto a virtual dental articulator. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 2013 ; 6 (2) : 149-155.

- [31] Jones JC., et al, The effect of disinfecting alginate and addition cured silicone rubber impression materials on the physical properties of impressions and resultant casts. The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry, septembre 1998 ; 6 (3) : 10-103.
- [32] Caire T., Pourquoi et comment couler les modèles au cabinet dentaire ? Stratégie Prothétique, 2004 ; 4 (5) : 387-392.
- [33] Gardon-Mollard G., et al, L'essayage en prothèse fixée plurale dento-portée. Stratégie prothétique, 2008 ; 8 (1) : 41-50.
- [34] CNIFPD, Guide de la CFAO.
<http://www.cnifpd.fr/guidecfao/index.html> (consulté Janvier 2015)
- [35] Bermes-Klaine Rodolphe. La fabrication assistée par ordinateur en prothèse. Thèse de doctorat en chirurgie dentaire. Université Henri Poincaré Nancy I, 2013 ; 111p.
- [36] Guillaume A., Procédure conjointe. Les dossiers de technologie dentaire, juillet/août 2013 ; 319/320 : 36-57.
- [37] Toubol J.P., et al, De l'articulaire au neuromusculaire, de la mécanique à l'électronique : le concept de neuro-musculo-compatibilité. Les Cahiers de Prothèse, 1989 ; 66 : 43-53.
- [38] Gartner C., et al, The virtual articulator : development and evaluation. International Journal of Computerized Dentistry, 2003 ; 6 (1) : 11-24.
- [39] Laplanche O., et al, L'articulateur virtuel. Demain...c'est tout de suite. Information Dentaire, 2011 ; 40/41 : 3-10.
- [40] Korlakunte PR., et al, The Role of Virtual Articulator in Prosthetic and Restorative Dentistry. Journal of clinical and diagnostic research, 2014 ; 8 (7) : ZE25.
- [41] Kordass B., et al, The virtual articulator : a new tool to analyze the dysfunction and dysmorphology of dental occlusion. Aspects of Teratology, 2000 ; 2 : 47-243.
- [42] Bisler A., et al, The virtual articulator. International Journal of Computerized Dentistry, 2002 ; 5 : 6-101.
- [43] Richelme J., et al, Du projet esthétique à la confirmation par les provisoires, quelles méthodologies ? Stratégie prothétiques, mai/juin 2011, 12 (3) : 187-197.
- [44] Rezaei S., et al, Influence of Connector Width on the Stress Distribution of Posterior Bridges under Loading. Journal of dentistry (Tehran, Iran), 2011, 8 (2) : 67-74.
- [45] Duret F., et al, Les différentes méthodes de prise d'empreintes pour la CFAO. Stratégie prothétique, novembre 2003 ; 3 (5) : 343-349.

- [46] Bindl A., et al, Marginal and internal fit of all-ceramic CAD/CAM crown-copings on chamfer preparation. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2005 ; 32 : 441-447.
- [47] Duret F., et al, Différentes méthodes d'empreintes en CFAO dentaire. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), *Médecine buccale*, 28-740-R-10, 2010.
- [48] Giraud-Delestre A., et al, Incidence expérimentale du vernis d'espacement sur la précision d'adaptation des éléments prothétiques coulés. *Stratégie prothétique*, 2007 ; 2 (7) : 153-159.
- [49] Beuer F., et al, Digital dentistry : an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British Dental Journal*, 2008 ; 204 : 505-511.
- [50] Coudray L., et al, Les matériaux accessibles par CFAO. *Réalités Clinique*, 2009 ; 20 (4) : 251-255.
- [51] Denry I., et al, Ceramics for dental Applications : a review. *Materials*, 2010 ; 3 (1) : 351-368.
- [52] Attal JP., et al, Les matériaux usinables en dentisterie restauratrice et prothèse fixée. *Information dentaire*, 2014 ; 96 (20) : 59-64.
- [53] Sharkey S., Metal ceramic, versus all ceramic restoration part 1. *Journal of the Irish Dental Association*, 2010 : 106-199.
- [54] Chotard Karine. Critères de choix des matériaux à utiliser dans le cadre d'une réhabilitation conjointe en CFAO. Thèse de doctorat de chirurgie dentaire, Université Toulouse III Paul Sabatier, 2013 ; 142p.
- [55] Della Bonna A., et al, Characterization of a polymer-infiltrated ceramic-network material. *Dental Materials*, 2014 ; 30 (5) : 564-569.
- [56] Guillaume A., Les logiciels CAM, procédure CAM. Les dossiers de technologies dentaire, juillet/août 2012 ; 307/308 : 56-75.
- [57] Bodenmiller A., Usinage des prothèses par fraiseuse numérique à cinq axes. *Stratégie prothétique*, 2003 ; 3 (5) : 365-370.
- [58] Guillaume A., Les principales caractéristiques des machines d'usinage. Les dossiers de technologies dentaire, juillet/août 2012 ; 307/308 : 56-75.
- [59] Bonnefoy H., Du prototypage rapide à la fabrication rapide. *Technologie*, 2003 : 37-45.
- [60] Bennasar M., et al, La confection des armatures métalliques par CFAO en prothèse fixée. *Stratégie prothétique*, mars/avril 2011 ; 2 (11) : 137-148.
- [61] Van Noort, R., The future of dental devices is digital. *Dental Mater*, 2012 ; 28 : 3-12.

[62] <http://www.cnifpd.fr/guidecfao/impression3D.html> (consulté Janvier 2015)

[63] Siegbert W., et al, Applications de la stéréolithographie dans la technique dentaire. Revue Mensuelle Suisse Odontostomatologique, 2003 ; 113 (8) : 879-884.

[64] <http://www.cnifpd.fr/guidecfao/fabrication.html> (consulté Janvier 2015)

[65] Boitelle p., et al, Evaluation de l'adaptation des restaurations prothétiques fixées réalisées par CFAO et facteurs de variation : revue de littérature. Les Cahiers de prothèse, mars 2013 ; 161 : 59-75.

Iconographies

[Tableau 1 ; 2] Malidin Clémentine. Les techniques d'accès aux limites cervicales en prothèse fixée : indications et incidences sur la santé parodontale. Thèse de doctorat en chirurgie dentaire. Université de Nantes, 2013 ; 115p.

[Figure 3] Chauvel B., et al, Les matériaux à empreinte. Société Francophone des Biomatériaux.
<http://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap13/site/html/cours.pdf>

[Figure 4] Solaberrieta E., et al, Novel methodology to transfer digitized casts onto a virtual dental articulator. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 2013 ; 6 (2) : 149-155.

[Figure 5 ; 6] CNIFPD, Guide de la CFAO.
<http://www.cnifpd.fr/guidecfao/index.html>

[Figure 7 ; 9 ; 13 ; 15 ; 18 ; 19 ; 28 ; 29 ; 30 ; 31 ; 32 ; 34 ; 35] Capture d'écran logiciel Exocad, Laboratoire Kosmeteeth.

[Figure 8] Photographie d'un scanner GC Aadvia Lab, Laboratoire Kosmeteeth.

[Figure 10 ; 11 ; 12] Laplanche O., et al, L'articulateur virtuel. Demain...c'est tout de suite. Information Dentaire, 2011 ; 40/41 : 3-10.

[Figure 14 ; 16 ; 17] Capture d'écran logiciel DentalWings, Laboratoire Kosmeteeth.

[Figure 20] Coudray L., et al, Les matériaux accessibles par CFAO. Réalités Clinique, 2009 ; 20 (4) : 251-255.

[Figure 21] Capture d'écran logiciel FAO Wieland, Laboratoire Kosmeteeth.

[Figure 22 ; 23] Duret F., La grande avancée de la CFAO à l'IDS de Cologne 2011. Le Fil dentaire, 2011 ; 63 : 14-26.

[Figure 24] <http://www.cnifpd.fr/guidecfao/fabrication.html>

[Figure 25 ; 26 ; 33 ; 38 ; 39] Photographie clinique Dr Richelme J.

[Figure 27 ; 36 ; 37] Photographie Casu Jean Pierre, Laboratoire Kosmeteeth.

Serment d'Hippocrate

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'Hippocrate,

Je promets et je jure, au nom de l'Etre Suprême, d'être fidèle aux lois

de l'Honneur et de la probité dans l'exercice de La Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui se passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon Devoir et mon patient.



Approbation – Improbation

Les opinions émises par les dissertations présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation ou improbation de la Faculté de Chirurgie dentaire (1).

Lu et approuvé,

Vu,
Nice, le

Le Président du jury,

Le Doyen de la Faculté de
Chirurgie Dentaire de l'UNS

Professeur

Professeur Armelle MANIERE

(1) Les exemplaires destinés à la bibliothèque doivent être obligatoirement signés par le Doyen et par le Président du Jury.

CONCEPTION, REALISATION DE PROTHESE FIXEE PAR CFAO INDIRECTE.

Thèse : Chirurgie Dentaire, Nice, 2015, n°42-57-15-12

Directeur de thèse : **Dr Yves Allard**

Mots-clés : CFAO, Indirecte, Prothèse fixée, Conjointe, Prothésiste dentaire, Etapes de laboratoire.

Résumé:

La Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur (CFAO) appliquée à l'art dentaire n'est pas jeune, elle a été présentée par François Duret en 1973. Cette technique de confection prothétique est aujourd'hui à son apogée par sa pratique dans les cabinets dentaires avec les systèmes chairsides. Cependant l'évolution de cette technologie est passée par l'équipement des laboratoires de prothèse.

On distingue trois types de CFAO, la directe où la conception et la fabrication sont faites directement au fauteuil, la semi-directe où seule l'empreinte optique est faite en clinique puis les autres étapes sont menées au laboratoire et l'indirecte où toutes les étapes numériques sont conduites au laboratoire.

La CFAO a permis de gagner en précision et reproductibilité produisant ainsi des prothèses fixées mieux adaptées diminuant la morbidité des dents piliers. De plus elle apporte la possibilité d'utiliser dans nos réhabilitations de nouveaux matériaux comme la zircone, elle permet donc de faciliter l'utilisation de système céramocéramique garant d'esthétique et de biocompatibilité.

Les techniques directes et semi-directes ne sont pas accessibles à tous car elles changent les habitudes de travail des praticiens et demandent aujourd'hui encore un gros investissement. De plus ces techniques ne permettent pas de prendre en charge des cas de réhabilitations complexes.

Ce travail décrit les étapes cliniques et laboratoires qui sont conduites afin de pouvoir disposer de la précision de la CFAO dans des cas de réhabilitation en prothèse fixée.